

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE STRUKTUR UND DIE INNERVATION DER EPIPHYSE BEI VÖGELN

Von

A. STAMMER

Institut für Allgemeine Zoologie und Biologie der Universität Szeged, Ungarn

Das auf dem Zwischenhirn gelegene eigentümliche Organ, die Epiphyse, hat schon seit langem das Interesse der Forscher erregt, eine entschiedene Stellungnahme hinsichtlich seiner Struktur und Funktion ist aber bis auf den heutigen Tag nicht entwickelt worden. Im besonderen gilt dies für die Epiphyse der Vögel, deren Grundstruktur durch die Untersuchungen von MIHALKOVICZ (5), STUDNIČKA (6) und KRAUSE (4) an einzelnen Vogelarten zwar bekannt ist, deren feinere Struktur und besonders viele wichtige Fragen der Innervation aber noch der Klärung harren, wie aus der zusammenfassenden Monographie von BARGMANN (2) „Die *Epiphysis cerebri*“ deutlich hervorgeht. Um hier einige Lücken auszufüllen, haben wir systematische Untersuchungen an der Epiphyse verschiedener Vogelarten unternommen.\*

## Untersuchungsmaterial und Methodik

Die Untersuchungen wurden an der Epiphyse zahlreicher der leicht zugänglichen Hausvögel: Huhn, (*Gallus domesticus*), Pute (*Meleagris gallopavo*), Gans (*Anser domesticus*), Ente (*Anas domestica*) und in geringerer Zahl an der Epiphyse der Taube (*Columba domestica*), der Turteltaube (*Turtur turtur*), der Lachmöve (*Larus ridibundus*), des Sperbers (*Accipiter nisus*), der Blässgans (*Anser albifrons*) und des Fischreiher (*Ardea cinerea*) durchgeführt. Das zu Schnitten aufgearbeitete Material wurde in Hämatein-Eosin, Eisenhämatoxylin bzw. nach GÖMÖRI gefärbt und die Innervation vorwiegend mit den verschiedenen Modifikationen des BIELSCHOWSKYSCHEN Verfahrens untersucht. Besonders schön gelang die Darstellung der Nerven bei Anwendung einer 4—6%igen Silbernitratlösung für 30—60 Minuten. Nach dem Waschen der Schnitte in destilliertem Wasser und Inkubation in verdünnter ammoniakalischer Silbernitratlösung (10 ml 20%ige  $\text{AgNO}_3$ -Lösung, allmählich mit 16 Tropfen 22%igem *Ammonia pura liquida* und 100 ml dest. Wasser versetzt) wurde in 3%igem Formalin reduziert.

\* Für zahlreiche Anweisungen und die Überwachung meiner Arbeit bin ich meinem Chef, Herrn AKADEMIKER PROF. DR. A. ÁBRAHÁM zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

### Anatomische Lokalisation

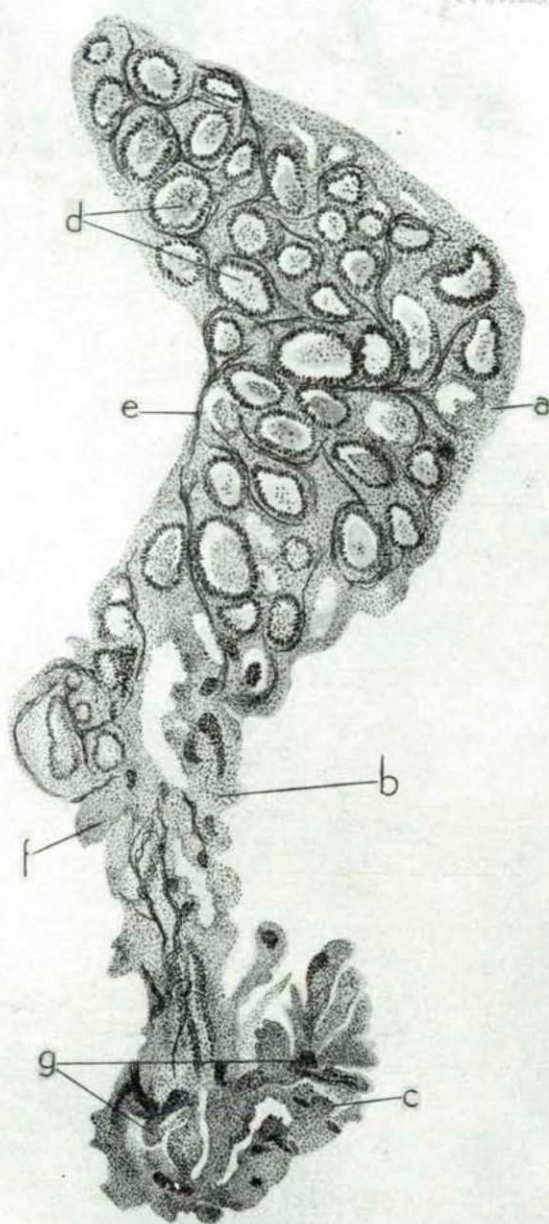
Die Epiphyse sämtlicher untersuchter Vögel erwies sich als ein in dem zwischen den Grosshirnhemisphären und dem Kleinhirn befindlichen engen Raum vertikal gelagertes, gewöhnlich keulenförmiges Gebilde. Ihre Bestandteile sind der dreiseitige pyramidenförmige Kopfteil mit abgerundeten Ecken und rostral gerichteter Spitze, der feste, etwas geneigte Stielteil von stark wechselnder Dicke und Länge, der sich stets dem *Plexus chorioideus* des dritten Ventrikels anschliesst. Ein Teil des *Plexus chorioideus*, als basaler Teil, löst sich beim Herausheben der Epiphyse — am Stielteil haftend — ab. (Tafel 1, Abb. 1). Alle drei Teile sind von einer Bindegewebskapsel umgeben, die am Stielteil am dicksten ist. Bei den grösseren Epiphysen (z. B. bei der Pute) wird die am unteren Stielabschnitt von der *Arteria cerebri media* an die Epiphyse herantretende Arterie auch mit freiem Auge sichtbar, die nach Erreichen des Kopfteiles in zwei Äste, einen rostralen und einen dorsalen, zerfällt. Die aus ihnen austretenden kleineren Arterien sorgen für reiche Gefässversorgung des Kopfteiles. Die aus den Geweben des Kopfteiles zusammentretenden kleinen Venen sammeln sich am unteren Stielabschnitt in zwei bereits deutlich sichtbaren venösen Stämmen, die an der Basis des Stieles in einen dem *Sinus rectus* der Säuger entsprechenden venösen *Sinus* münden. Dieser venöse *Sinus* zieht an der dorsalen Seite der Epiphyse in der Bindegewebskapsel, um sich beim Zusammentreffen des *Sinus sagittalis* und *transversus* dem Blutkreislauf der *Dura mater* anzuschliessen. Dieser innige Kontakt bringt es mit sich, dass die Epiphyse beim Sezieren zusammen mit den Hirnhüllen herausgehoben werden kann. Die Verbindung des Kopfteiles mit den Hirnhüllen ist nämlich eine weitaus stärkere als das Haften des Stielteiles am *Plexus chorioideus*.

### Histologische Struktur

Die Epiphyse gliedert sich auch histologisch — wie aus den Sagittalschnitten der Epiphyse der Pute ersichtlich — in drei Teile (Abb. 1).<sup>\*\*</sup> Der Kopfteil ist bei allen Vögeln follikulär strukturiert. Die follikuläre Struktur ist auch etwas in den Stielteil hinab zu verfolgen, um dann ohne scharfe Grenze in jenen Teil des Stieles überzugehen, wo nur lockeres Bindegewebe mit Blutgefässen und diese begleitende Nervenstämmen sichtbar werden. Die aus dem *Plexus chorioideus* als Basalteil heraustretende Gewebsgruppe ist charakterisiert durch Gefässschlingen, welche sich abwärts vereinigen (Tafel 1, Abb. 2). Die Hauptmasse der Epiphyse, der ganze Kopfteil, besteht aus follikulärem, drüsenartigen Gewebe. Die Follikel der Randzonen sind kleineren und die der Mittelpartie grösseren Lumens. Die meisten von ihnen enthalten ein gut färbbares Sekret, dessen histochemische Untersuchung im Gange ist. Die kleineren und grösseren Zellen der Follikel haben Ependymzellencharakter, ihre Kerne liegen in mehreren Reihen angeordnet. Zwischen den einzelnen Zellen tritt kein so deutlicher Unterschied zutage, auf Grund dessen die längeren — wie es STUDNIČKA (6) tat — als Sinneszellen betrachtet werden könnten. Selbst in den bestimmriagnierten Präparaten werden keine Sinneszellenfortsätze wahrnehmbar, so dass wir diese

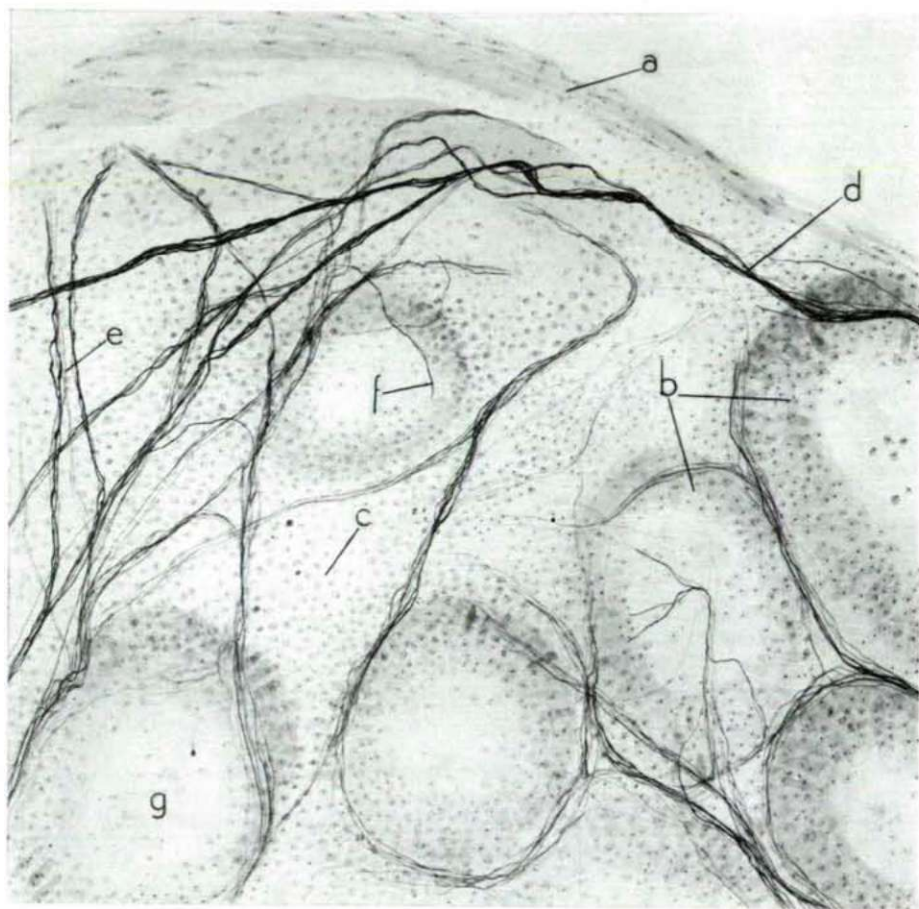
<sup>\*\*</sup> Die Zeichnungen hat die Zeichnerin unseres Institutes, Fr. ELISABET DÁNOS angefertigt.





1. *Meleagris gallopavo*: Sagittaler Längsschnitt der Epiphyse. a) Kopfteil, b) Stielteil, c) Basis, d) Follikel, e) Nervenstamm, f) Bindegewebe, g) Gefässschlinge. Vergr. 40 $\times$ , photographisch auf die Hälfte verkleinert.

Feststellung STUDNÍČKAS nicht bekräftigen können. Auch die aus dem interfollikulären Bindegewebe mitgeteilten Nervenzellen müssen wir widerlegen, die Imprägnation der Epiphyse der untersuchten Vögel brachte in keinem Falle Nervenzellen zur Darstellung. Die im Bindegewebe zwischen den Follikeln von STUDNÍČKA mitgeteilten und auch von HORTEGA (3) als Nervenzellen erwähnten Zellen sind u. E. auf Grund ihrer Gestalt, ihrer Struktur und ihrer nach



2. *Gallus domesticus*: Innervation der Epiphyse. a) Bindegewebskapsel, b) Follikel, c) interfollikuläres Bindegewebe, d) Nervenstamm, e) dünne Faser, f) Endfaser, g) Lumen. Vergr. 200 $\times$ , photographisch auf die Hälfte verkleinert.

Silberimprägnation zutage tretenden Besonderheiten als Bindegewebszellen zu betrachten.

In Anbetracht der Tatsache, dass in den Epiphysen der untersuchten Vögel nirgends Zellen anzutreffen waren, die als Nervenzellen hätten interpretiert werden können, dürfte sich die Aufwerfung der Frage der Neurosekretion wohl erübrigen. In der Literatur über die Epiphyse der Säuger (2) taucht aber diese



Frage entschieden auf, und angesichts der Lokalisation der Epiphyse scheint ein Zusammenhang mit dem hypothalamo-hypophysären System auch nur natürlich. Ausserdem fragt es sich nach der Feststellung von STUDNIČKA, dass die follikelbildenden Zellen Nervenzellen seien, wie diese Zellen auf die Färbung mit der zum Nachweise der Neurosekretion von GÖMÖRI empfohlenen Methode reagieren. Bei Anwendung dieses Verfahrens färbten sich die Kerne der Follikelzellen tiefblau, ohne jedoch im Zellplasma färberisch Anhaltspunkte für die Annahme einer neurosekretorischen Funktion der Zellen zu liefern.

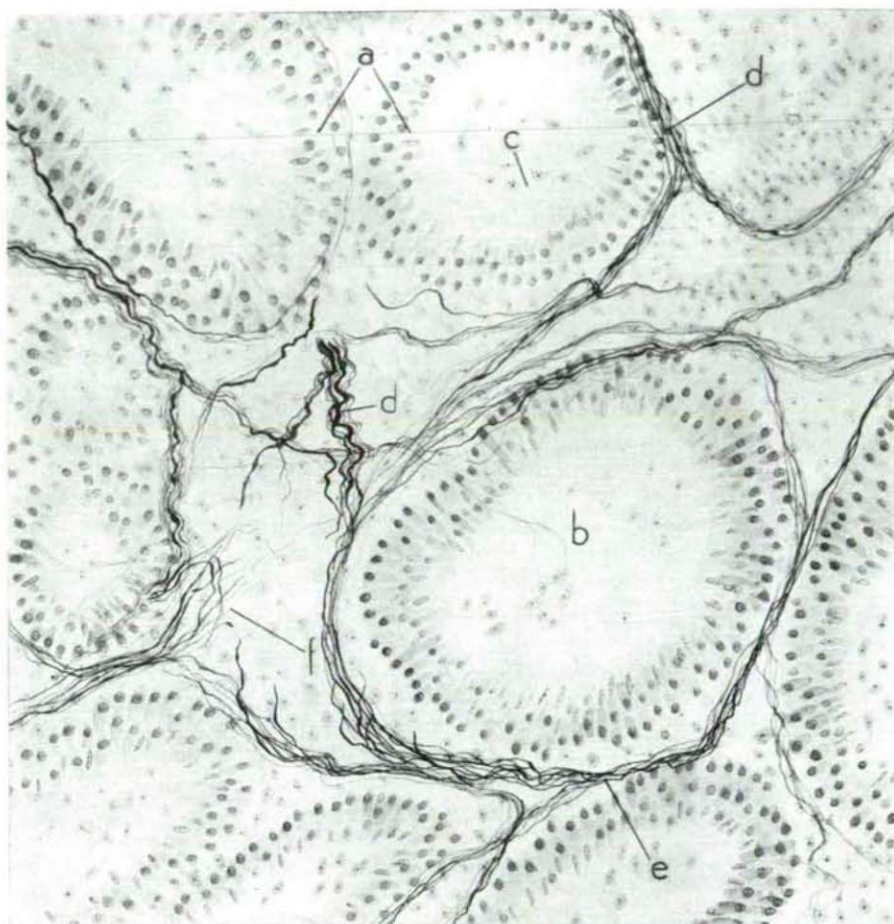
Die Struktur der Epiphyse weicht im Falle der Vögel — wie aus dem Gesagten hervorgeht — entschieden von der bei den Säugetieren beobachteten ab, eine Ähnlichkeit aber besteht dennoch, und das ist die Speicherfähigkeit. Die Einschlusskörper erscheinen erst im späteren Alter; in der Epiphyse unserer jungen Hausvögel sind sie nie nachzuweisen. Zum ersten Male erkannte ich sie bei einer — ihrem Schnabel nach zu urteilen — wenigstens 6—8 Jahre alten Blässgans, später fand ich Einschlusskörper auch in der Epiphyse eines mehrere Jahre alten Fischreiher. Bei diesen Vögeln werden im interfollikulären Bindegewebe der Epiphyse Einschlusskörper von beträchtlicher Grösse sichtbar (Tafel 1, Abb. 3). Ihrer Erscheinungsform nach können sie als Kalkkonkremente gelten, wie sie aus der Epiphyse der Säuger beschrieben worden sind, welche in den interseptalen Räumen des Bindegewebes zwischen den Follikeln gespreichert werden. Diese Räume sind in der Epiphyse junger Vögel nie zu erkennen. Ein interessanter Befund war, dass bei der Untersuchung der Meningen dieser älteren Vögel die erwähnten Einschlusskörper auch in den Gefässen der Hirnhäute, insbesondere entlang der Venen der *Dura mater* überaus deutlich zutage treten (Tafel 1, Abb. 4). Untersuchungen zur Ermittlung der näheren Natur dieser Einschlüsse sind erforderlich.

### Mikroskopische Innervation

Was die Innervation der Vogelepiphyse betrifft, sind makroskopisch Nervenverbindungen absolut nicht feststellbar, mikroskopisch aber wird in den Schnitten das reiche vegetative Geflecht der an die Epiphyse herantretenden *Arteria pinealis* deutlich sichtbar. Von den verzweigenden Ästen der *Arteria pinealis* her ziehen zahlreiche Nervenstämmchen durch das interfollikuläre Bindegewebe um die Follikel und bilden sehr üppige feine Endgeflechssysteme heraus. Zwischen den Follikeln und perifollikulär wird eine so reichhaltige Innervation entwickelt, wie sie ähnlich nur in sehr wenigen Organen anzutreffen ist (Abb. 2). Entgegen anderen Anschauungen muss entschieden festgestellt werden, dass die Epiphyse ein überaus reich innerviertes Organ ist. In den in ihrem Kopfteil befindlichen Nervenplexen nehmen sehr dünne, stellenweise ziemlich starr verlaufende Fasern teil, doch handelt es sich jeden Zweifel ausschliessend um Nerven- und nicht um Gliafasern, wie in Verbindung mit der Epiphyse der Säugetiere angenommen wurde (Abb. 3).

Die Untersuchungen bzgl. des Ursprunges der feinen Fasern der Epiphyse lassen feststellen, dass sie ausschliesslich dem kranialen Teil des sympathischen Nervensystems angehören.

Beziehungen zur *Commissura posterior* oder zum *Ganglion habenulae* konnten in den Serienschnitten nicht erwiesen werden. Auf Grund der erhaltenen



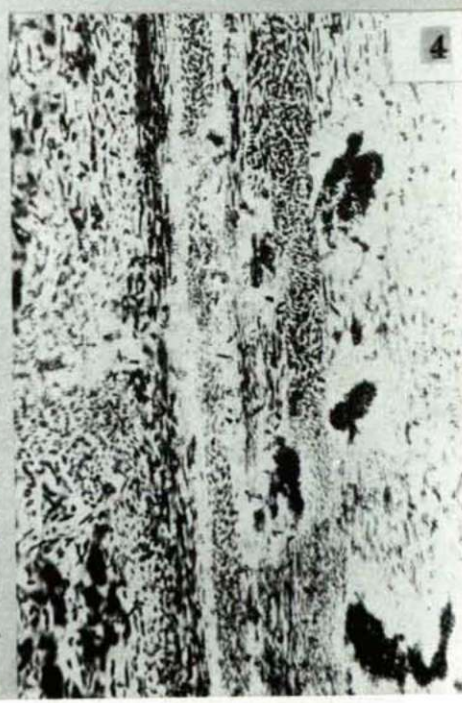
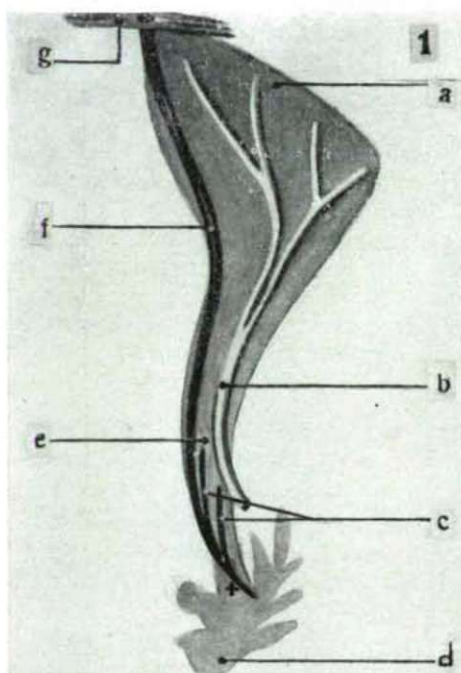
3. *Meleagris gallopavo*: Innervation der Follikel. a) Follikel, b) Lumen, c) Sekret, d) Nervenstamm, e) perifollikuläres Nervengeflecht, f) Endfaser. Vergr. 400 $\times$ , photographisch auf die Hälfte verkleinert.

Bilder gelangen die Nerven der Epiphyse vom *Ganglion cervicale supremum* und den zahlreichen postganglionären Fasern der die Gehirngefäße begleitenden sympathischen Ganglien im Geflecht der *Arteria pinealis* zur Epiphyse.

Die Hauptmasse der an der Innervation der Epiphyse beteiligten Nervenfasern bilden also die dem sympathischen Nervensystem angehörenden feinen Fasern, welche sich in den perifollikulären Endgeflechten verlieren (Abb. 2 und 3). An den Endfasern werden terminal keine Endköpfchen wahrnehmbar

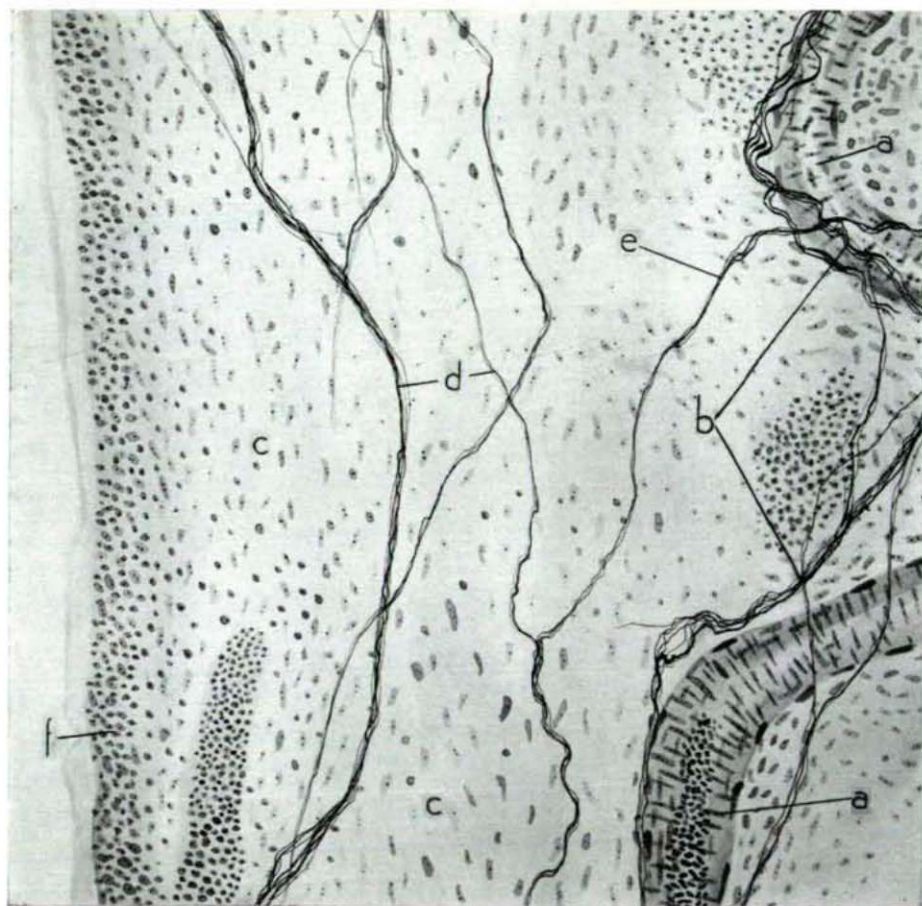
1. *Meleagris gallopavo*: Die Epiphyse und ihre Gefäße. a) Kopfteil, b) Arteria pinealis, c) Vena pinealis, d) Basis, e) Stielteil, f) Sinus rectus, g) Sinus sagittalis. Chemoreceptor bei + auffindbar. Anatomische Skizze.
2. *Ardea cinerea*: Struktur der Basis der Epiphyse. Mikrophotogramm.
3. *Anser albifrons*: Kalkkonkremente in der Epiphyse. Mikrophotogramm.
4. *Anser albifrons*: Kalkkonkremente entlang der Venen der Dura mater. Mikrophotogramm.





und auch ein innigerer Kontakt zwischen Follikelzellen und Endfasern konnte nicht entdeckt werden, die Endfaserchen endigen, verjüngt, frei in den Terminalgeflechten.

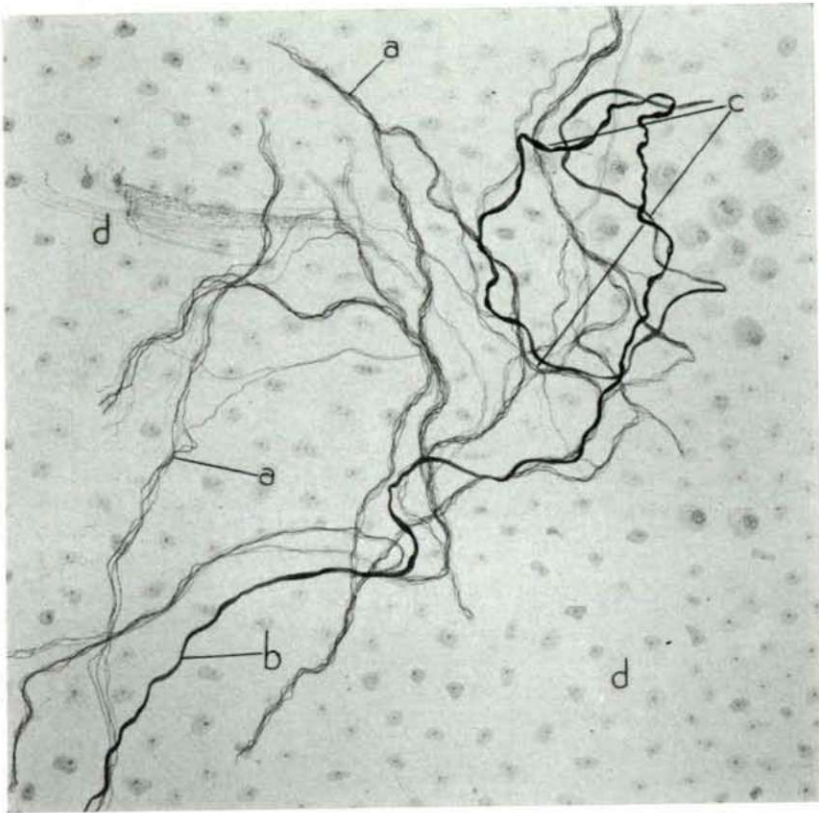
Auch der Stiel der Epiphyse ist reich innerviert (Abb. 4). Die im Bindegewebe des Stielteiles zu beobachtenden zahlreichen Nervenstämmen stammen grossenteils ebenfalls aus dem *Plexus* der *Arteria pinealis*. An verschiedenen Stellen wird die Verzweigung der Nervenäste deutlich erkennbar und im Stielteil, namentlich an dessen unterer Strecke, werden — wie imprägnierte Längsschnitte aus der Epiphyse der Ente zeigen — bereits auch dicke Fasern sichtbar (Abb. 5). Das Ende der dickeren Fasern bildet gewöhnlich ein lockeres Knäuel. Die typische Endigungsform der sensiblen Fasern der



4. *Gallus domesticus*: Längsschnitt des Epiphysenstieles. a) Arteria pinealis, b) das Gefäss begleitendes Nervengeflecht, c) Bindegewebe, d) Nervenstamm, e) verbindender Stamm zwischen dem Stiel und dem vasa len Nervengeflecht, f) Bindegewebshülle. Vergr. 200 $\times$ , photographisch auf die Hälfte verkleinert.



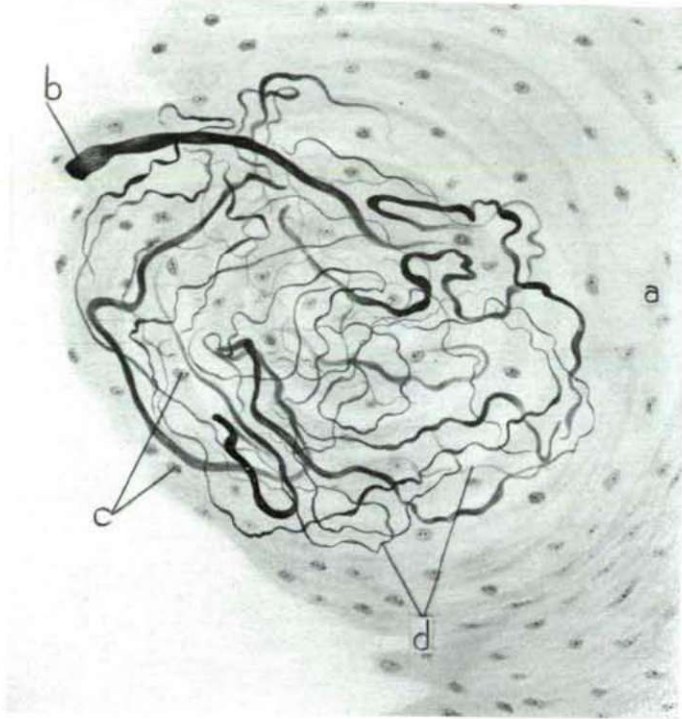
Hirnhülle ist diese lockere Knäuelbildung. Demnach scheint die die Epiphyse umhüllende Bindegewebskapsel Fasern auch aus der Nervenversorgung der Hirnhüllen, sowohl aus dem sympathischen, als auch aus dem cerebralen Nervensystem zu erhalten. Die knäuelbildenden dicken Fasern dürften dem *Vagus* oder dem *Trigeminus* entstammen.



5. *Anas domestica*: Innervation des Bindegewebes des Stieles. a) dünne Nervenfasern enthaltende Nervenstämme, b) dicke Faser, c) lockeres Knäuel, d) Bindegewebe. Vergr. 300 $\times$ , photographisch auf die Hälfte verkleinert.

Der zum *Plexus chorioideus* gehörende Basalteil ist gewöhnlich spärlich mit Nerven versehen. Entlang der Gefäßschlingen werden zuweilen vereinzelt Nervenstämme, die dünne und dickere Fasern nebeneinander enthalten, gesichtet. Interessant ist die Beobachtung, dass sich dort, wo der Stielteil sich dem *Plexus chorioideus* anschliesst, auf dem Gebiete zwischen den beiden aus der Epiphyse zusammentretenden Venenstämmen (mit + bezeichnete Stelle an Abb. 1 in Tafel 1) ein wohlentwickeltes *Glomus* befindet. Die Innervation dieser, das typische Bild der Chemorezeptoren aufweisenden Formation ist überaus reich und entspricht der des *Glomus caroticum*, der *Arteria pulmonalis*

oder der am Aortendach liegenden *Glomi* (Abb. 6). Durch diese Tatsache wird die Annahme von ÁBRAHÁM (1) bekräftigt, dass Chemo- und Pressorezeptoren nicht nur an den bisher bekannten Stellen vorkommen, sondern in kleinerem oder grösserem Ausmasse auch anderweitig in der Wand der Blutgefässe, namentlich an den Verzweigungsstellen, anzunehmen sind.



6. *Anas domestica*: Chemorezeptor an der unteren Grenze des Stielteiles. a) Bindegewebshülle, b) dicke Faser, c) *Glomus*-Zellkerne, d) Endfasern. Vergr. 600 $\times$ , photographisch auf die Hälfte verkleinert.

### Zusammenfassung

Die Untersuchung der Struktur und der Innervation der Epiphyse verschiedener Vogelarten hat folgende Ergebnisse gezeitigt:

1. Die Epiphyse der Vögel zeigt sowohl in anatomischer und histologischer Hinsicht, als auch bzgl. der Innervation nahezu übereinstimmende Verhältnisse.
2. Die Hauptmasse der Epiphyse besteht aus follikulärem, drüsenartigen Gewebe. Angesichts des in den Follikeln gefundenen Sekrets und der reichen Blutversorgung scheint die sekretorische Funktion des Organes erwiesen.
3. Die Kalkspeicherung konnte bei älteren Vögeln nachgewiesen werden.
4. Die Epiphyse ist ein reich innerviertes Organ; während sich im follikulären Teil nur dünne Fasern befinden, enthält das Bindegewebe des Stielteiles neben dünnen auch dickere Nervenfasern.